

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Kommunikation BAKOM
Abteilung Konzessionen und Frequenzmanagement

Formelsammlung für die Prüfung zur Zulassung Amateurfunk

gültig ab 01.01.2025

Kirchhoffsche Regeln	$I_1 + I_2 + \cdots + I_N = 0$ $U_1 + U_2 + \cdots + U_N = 0$	U_i	Teilspannungen $i = 1, 2, 3, \cdots, N$	V
		I_i	Teilströme $i = 1, 2, 3, \cdots, N$	A

Ohmsches Gesetz	$U = R \cdot I$	U	Spannung	V
		I	Strom	A
		R	Widerstand	Ω

Leistung und Arbeit	$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$ $W = P \cdot t$	U	Spannung	V
		I	Stromstärke	A
		R	Widerstand	Ω
		P	Leistung	W
		t	Zeit	s
		W	Arbeit	J

Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechsel-spannung	$\hat{U} = U_{\mathrm{eff}} \cdot \sqrt{2} = U_{\mathrm{eff}} \cdot 1{,}414$ $U_{\mathrm{ss}} = 2 \cdot \hat{U}$	$\hat{U}$	Spannungsamplitude	V
		U_{eff}	Effektivspannung (RMS)	V
		U_{ss}	Gesamtspannung	V

Widerstände in Reihenschaltung	$R_{\mathrm{G}} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_N$	R_{G}	Gesamtwiderstand	Ω
Bei 2 Wider-ständen (Spannungsteiler):	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ $U_{\mathrm{G}} = U_1 + U_2$ $U_1 = \frac{U_{\mathrm{G}} \cdot R_1}{R_1 + R_2}$	R_i	Teilwiderstände $i = 1, 2, 3, \cdots, N$	Ω
		U_{G}	Gesamtspannung	V

Widerstände in Parallel-schaltung	$R_{\mathrm{G}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_N}}$	R_{G}	Gesamtwiderstand	Ω
		R_i	Teilwiderstände $i = 1, 2, 3, \cdots, N$	Ω
Bei 2 parallel geschalteten Widerstände gilt:	$R_{\mathrm{G}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ $\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$ $I_{\mathrm{G}} = I_1 + I_2$ $U_1 = U_2$	I_{G}	Gesamtstrom	A
		I_1	Strom durch R_1	A
		I_2	Strom durch R_2	A
		U_1	Spannung über R_1	V
		U_2	Spannung über R_2	V

Widerstand von Drähten	$R = \frac{\rho \cdot l}{A_{\mathrm{D}}}$ $A_{\mathrm{D}} = \frac{d_{\mathrm{D}}^2 \cdot \pi}{4} = r_{\mathrm{D}}^2 \cdot \pi$	ρ	Spezifischer Widerstand	$\frac{\Omega \mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}$
		R	Widerstand	Ω
		l	Länge	m
		r_{D}	Radius	mm
		d_{D}	Drahtdurchmesser	mm
		A_{D}	Drahtquerschnittsfläche	mm^2

Kapazitiver Widerstand	$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$	X_c	Kapazitiver Widerstand	Ω
		C	Kapazität	F
		f	Frequenz	Hz
		ω	Kreisfrequenz	1/s

Kondensatoren Reihenschaltung:	$C_G = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_N}}$	C_G	Gesamtkapazität	F
Parallelschaltung:	$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_N$	C_i	Teilkapazitäten $i = 1, 2, 3, \cdots, N$	F

Kapazität eines Platten-kondensators	$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$	A	Kondensatorplattenfläche	m^2
		d	Plattenabstand	m
		C	Kapazität	F
		ε_r	Permittivitätszahl	-
		ε_0	Elektrische Feldkonstante: 8,85E-12	$\frac{As}{Vm}$
Elektrische Feldstärke	$E = \frac{U_C}{d}$	E	Elektrische Feldstärke	V/m
		U_C	Spannung über C	V

Induktiver (Blind-) Widerstand	$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$	X_L	Induktiver Blindwiderstand	Ω
		L	Induktivität	H $\frac{Vs}{A}$
		f	Frequenz	Hz
		ω	Kreisfrequenz	1/s

Induktivitäten Reihenschaltung:	$L_G = L_1 + L_2 + L_3 + \cdots + L_N$	L_G	Gesamtinduktivität	H
Parallelschaltung:	$L_G = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \cdots + \frac{1}{L_N}}$	L_i	Teilinduktivitäten $i = 1, 2, 3, \cdots, N$	H

Induktivität von Schalenkern-spulen (auch für mehr-lagige Spulen)	$L = N_W{}^2 \cdot A_L$	N_W	Anzahl Windungen	-
		A_L	Induktivitätsfaktor	nH
		L	Induktivität	nH

Magnetische Flussdichte	$B_m = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$	B_m	Magnetische Flussdichte	T $\frac{Vs}{m^2}$
		μ_r	Relative Permeabilität	-
		μ_0	Magnetische Feldkonstante (1,26E-6)	H/m
		H	magnetische Feldstärke	A/m

Induktivität der Ringspule (auch für lange Zylinderspule wenn $l_m > D$)	$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N_W{}^2 \cdot A_S}{l_m}$	L	Induktivität	H
		l_m	Umfang/Länge der Spule	m
		A_S	Querschnittsfläche der Spule	m^2
		N_W	Anzahl Windungen	-
		μ_0	Magnetische Feldkonstante (1,26E-6)	H/m
Magnetische Feldstärke in einer Ringspule	$H = \frac{I \cdot N_W}{l_m}$	μ_r	Relative Permeabilität	-
		I	Stromstärke	A
		H	magnetische Feldstärke	A/m

Transformator / Übertrager	$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$ P: Primär → S: Sekundär	$\ddot{u}$	Übersetzungsverhältnis	-
		N	Anzahl Windungen	-
		U	Spannung	V
		I	Strom	A
		Z	Impedanz	Ω

Netztrafo	$P_P \approx 1{,}2 \cdot P_S$ $A_{Fe} \approx \sqrt{P_P} \cdot \frac{cm^2}{\sqrt{W}}$ $N_V \approx \frac{42}{A_{Fe}} \cdot \frac{cm^2}{V}$	P_P	Primärleistung	W
		P_S	Sekundärleistung	W
		A_{Fe}	Eisenkernquerschnitt	cm^2
		N_V	Windungszahl pro Volt	$-/V$

Belastbarkeit von Wicklungen	$I_{max} = S \cdot A_D$ mit $S \approx 2{,}5 A/mm^2$	S	Stromdichte	$\frac{A}{mm^2}$
		A_D	Drahtquerschnitt	mm^2
		I_{max}	Maximale Stromstärke	A

Periodendauer	$T = \frac{1}{f}$	T	Periode	s
		f	Frequenz	Hz
Kreisfrequenz	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$	ω	Kreisfrequenz	1/s
Phasen-geschwindigkeit	$c = f \cdot \lambda = \frac{\omega \cdot \lambda}{2 \cdot \pi}$	c	Lichtgeschwindigkeit	m/s
		λ	Wellenlänge	m

RC-Tiefpass / RC-Hochpass	$f_{\mathrm{g}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$	f_{g}	Grenzfrequenz (Frequenz am -3dB-Punkt)	Hz
		R	Widerstand	Ω
RL-Tiefpass / RL-Hochpass	$f_{\mathrm{g}} = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$	C	Kapazität	F
		L	Induktivität	H

Schwingkreis	$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$	f_0	Resonanzfrequenz	Hz
		Q	Güte	-
		B	Bandbreite	Hz
		R_{P} R_{S}	paralleler (P) serieller (S) Verlustwiderstand	Ω
		C	Kapazität	F
		L	Induktivität	H
	Im Resonanzfall $X_{\mathrm{C}} = X_{\mathrm{L}}$ gilt:	X_{L}	Induktiver Blindwiderstand	Ω
	$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_{\mathrm{P}}}{X_{\mathrm{L}}} = \frac{R_{\mathrm{P}}}{X_{\mathrm{C}}} = \frac{X_{\mathrm{L}}}{R_{\mathrm{S}}} = \frac{X_{\mathrm{C}}}{R_{\mathrm{S}}}$	X_{C}	Kapazitiver Blindwiderstand	Ω

Transistor		B_{T}	Gleichspannungs-verstärkung	-
Für Gleichstrom gilt:	$B_{\mathrm{T}} = \frac{I_{\mathrm{C}}}{I_{\mathrm{B}}}$	$I_{\mathrm{B,C,E}}$	Ruheströme	A
		ΔI	Differenzstrom	A
	$I_{\mathrm{E}} = I_{\mathrm{C}} + I_{\mathrm{B}}$	ΔU	Differenzspannung	V
		v_{I}	Wechselstrom-verstärkung	-
Für Wechselstrom gilt:	$v_{\mathrm{I}} = \beta = \frac{\Delta I_{\mathrm{C}}}{\Delta I_{\mathrm{B}}}$	β	Wechselstrom-verstärkung	-
	$v_{\mathrm{U}} = \frac{\Delta U_{\mathrm{CE}}}{\Delta U_{\mathrm{BE}}}$	v_{U}	Wechselspannungs-verstärkung	-
B: Basis C: Kollektor E: Emitter	$v_{\mathrm{P}} = v_{\mathrm{U}} \cdot v_{\mathrm{I}}$	v_{P}	Leistungsverstärkung für Wechselstrom	-
		ΔU_{CE}	Teilspannung (C zu E)	V
		ΔU_{BE}	Teilspannung (B zu E)	V

Operations-verstärker	*Invertierender Verstärker*	*Nicht-invertierender Verstärker*
Verstärkung:	$v_U = \frac{U_A}{U_E} = -\frac{R_2}{R_1}$	$v_U = \frac{U_A}{U_E} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

Innenwiderstand	$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$	R_i	Innenwiderstand	Ω
		R_L	Lastwiderstand	Ω
		U_0	Leerlaufspannung	V
		I_K	Kurzschlussstrom	A
		ΔR	Differenzwiderstand	Ω
		ΔU	Differenzspannung	V
		ΔI	Differenzstrom	A

Pegel	$u = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_0}\right)$ $\quad U = U_0 \cdot 10^{(u/20\text{dB})}$	U	Spannung	V
		P	Leistung	W
	$p = 10 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)$ $\quad P = P_0 \cdot 10^{(p/10\text{dB})}$	u	Spannungspegel	dB
		p	Leistungspegel	dB
Relativer Pegel:	Spannungs- oder Leistungspegel bezogen auf beliebige Werte von U_0 oder P_0 (z.B. 1µV, 1V, 1W, 1pW).			
Absoluter Pegel:	0dB (dBm, dBu) liegt bei P_0 = 1mW oder der Spannung U_0 = 775mV bei einem System mit R_1=R_L=600Ω vor. Der absolute Leistungspegel ist auch bei Systemen mit anderen Impedanzen gleich.			

Dämpfung	$a = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_1}{U_2}\right)$	U_1	Eingangsspannung	V
		U_2	Ausgangsspannung	V
	$a = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$	P_1	Eingangsleistung	W
Verstärkung/ Gewinn	$g = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_2}{U_1}\right)$ $\quad \frac{U_2}{U_1} = 10^{(g/20\text{dB})}$	P_2	Ausgangsleistung	W
		a	Dämpfung	dB
	$g = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$ $\quad \frac{P_2}{P_1} = 10^{(g/10\text{dB})}$	g	Verstärkung/ Gewinn	dB

Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$ $\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\%$ $P_{ab} = P_{zu} - P_V$	η	Wirkungsgrad	-
		$\eta_{\%}$	Wirkungsgrad	%
		P_{ab}	abgegebene Leistung	W
		P_{zu}	zugeführte Leistung	W
		P_V	Verlustleistung	W

Zwischen-frequenz	$f_{ZF} = \lvert f_E \pm f_O \rvert$ (Diagramm: $\lvert U \rvert$ über f [Hz] mit f_{ZF}, f_E, f_O, f_S)	f_{ZF}	Zwischenfrequenz	Hz
		f_E	Empfangsfrequenz	Hz
Spiegelfrequenz	$f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF}$ für $f_O > f_E$ $f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF}$ für $f_O < f_E$	f_O	Oszillatorfrequenz	Hz
		f_S	Spiegelfrequenz	Hz

Thermisches Rauschen	$P_N = k \cdot T_K \cdot B$ $\Delta p_N = 10 \cdot \lg\left(\frac{B_1}{B_2}\right)$ $U_N = 2 \cdot \sqrt{P_N \cdot R}$	P_N	Rauschleistung	W
		T_K	Temperatur	K
		B	Bandbreite	Hz
		U_N	Rauschspannung	V
		R	Widerstand	Ω
		Δp_N	Pegelunterschied der Rauschleistungen in B_1 und B_2	dB
		k	Boltzmann-Konstante, (1,38E-23)	$\frac{Ws}{K}$

Signal-Rausch-verhältnis	$SNR = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_S}{P_N}\right)$ $SNR = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_S}{U_N}\right)$	SNR	Signalrauschverhältnis	dB
		P_S	Signalleistung	W
		P_N	Rauschleistung	W
		U_S	Signalspannung	V
Rauschzahl	$F = \frac{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{Eingang}}{\left(\frac{P_S}{P_N}\right)_{Ausgang}}$ $n_F = 10 \cdot \lg(F)$ $n_F = SNR_{Eingang} - SNR_{Ausgang}$	U_N	Rauschspannung	V
		F	Rauschzahl	-
		n_F	Logarithmische Rauschzahl	dB

ERP/EIRP	$p_{\mathrm{ERP}} = p_{\mathrm{S}} - a + g_{\mathrm{d}}$ $P_{\mathrm{ERP}} = P_{\mathrm{S}} \cdot 10^{((g_{\mathrm{d}} - a)/10\mathrm{dB})}$ $p_{\mathrm{EIRP}} = p_{\mathrm{ERP}} + 2{,}15\ \mathrm{dB}$ $P_{\mathrm{EIRP}} = 1{,}64 \cdot P_{\mathrm{ERP}}$ $P_{\mathrm{EIRP}} = P_{\mathrm{S}} \cdot 10^{((g_{\mathrm{d}} - a + 2{,}15\ \mathrm{dB})/10\mathrm{dB})}$	a	Kabelverluste	dB
		g_{d}	Antennengewinn bezogen auf den Halbwellendipol	dB
		p_{S}	Sendeleistungspegel	dBm
		p_{ERP}	Effektiver Strahlungsleistungspegel bezogen auf den Halbwellendipol im Freiraum	dBm
		p_{EIRP}	Effektiver Strahlungsleistungspegel bezogen auf den isotropen Strahler im Freiraum	dBm
		P_{S}	Leistung am Sender	W
		P_{ERP}	Effective Radiated Power	W
		P_{EIRP}	Effective Isotropic Radiated Power	W

Gewinnfaktor von Antennen	$G = 10^{\frac{g}{10}}$ $g = 10 \cdot \lg(G)$ $G_{\mathrm{i}} = G_{\mathrm{d}} \cdot 1{,}64$ $g_{\mathrm{i}} = g_{\mathrm{d}} + 2{,}15\mathrm{dB}$ Halbwellendipol: $G_{\mathrm{i}} = 1{,}64$ $g_{\mathrm{i}} = 2{,}15\ \mathrm{dBi}$ λ/4-Vertikalantenne: $G_{\mathrm{i}} = 3{,}28$ $g_{\mathrm{i}} = 5{,}15\ \mathrm{dBi}$	G	Antennengewinnfaktor i: Isotropstrahler (Strahlt in alle Richtungen gleich) d: Halbwellendipol	-
		g	Gewinn	dB
		g_{i}	Gewinn bezogen auf den Isotropstrahler	dB
		g_{d}	Gewinn bezogen auf den Halbwellendipol	dB
Feldstärke im Fernfeld einer Antenne	$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{\mathrm{A}} \cdot G_{\mathrm{i}}}}{d} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{\mathrm{EIRP}}}}{d}$ Gilt für Freiraum-ausbreitung falls: $d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$	d	Abstand zur Antenne	m
		E	Elektrisches Feld	V/m
		λ	Wellenlänge	m
		P_{A}	Leistung an der Antenne	W

Amplitudenmodulation	$m_{\mathrm{AM}} = \frac{\hat{U}_{\mathrm{mod}}}{\hat{U}_{\mathrm{T}}}$	m_{AM}	Modulationsgrad	-
	$B_{\mathrm{AM}} = 2 \cdot f_{\mathrm{NFmax}}$	$\hat{U}_{\mathrm{mod}}$	Modulationsspannungs-amplitude	V
	$\bar{P}_{\mathrm{AM}} = P_{\mathrm{T}} + 2 \cdot P_{\mathrm{SSB}}$	$\hat{U}_{\mathrm{T}}$	Trägerspannungs-amplitude	V
	$\bar{P}_{\mathrm{AM}} = \left(1 + \frac{{m_{\mathrm{AM}}}^2}{2}\right) P_{\mathrm{T}}$	B_{AM}	AM-Bandbreite	Hz
		f_{NFmax}	Maximalfrequenz des Niederfrequenzsignals	Hz
		$\bar{P}_{\mathrm{AM}}$	Mittlere Leistung	W
		P_{T}	Leistung des Trägers	W
		P_{SSB}	Seitenbandsignalleistung	W
SSB	$B_{\mathrm{SSB}} = f_{\mathrm{NFmax}} - f_{\mathrm{NFmin}}$	B_{SSB}	SSB-Bandbreite	Hz
		f_{NFmin}	Minimalfrequenz des Niederfrequenzsignals	Hz

Frequenzmodulation	$m_{\mathrm{FM}} = \frac{\Delta f_{\mathrm{T}}}{f_{\mathrm{mod}}}$	m_{FM}	Modulationsgrad	-
	$B_{\mathrm{FM}} = 2 \cdot (\Delta f_{\mathrm{T}} + f_{\mathrm{mm}})$	Δf_{T}	Frequenzhub	Hz
	Carson-Bandbreite B_{FM} (Ungefähre FM-Bandbreite) enthält etwa 99% der Gesamtleistung eines FM-Signals.	f_{mod}	Modulationsfrequenz	Hz
		B_{FM}	FM-Bandbreite	Hz
		f_{mm}	Modulationsmaximal-frequenz	Hz

(Nyquist-) Abtasttheorem	$f_{\mathrm{abtast}} > 2 \cdot f_{\mathrm{max}}$	f_{abtast}	Abtastrate	Hz
		f_{max}	Maximalfrequenz des abgetasteten Signals	Hz

Datenübertragungsrate, Symbolrate	$R_{\mathrm{D}} = R_{\mathrm{S}} \cdot n$	R_{D}	Datenübertragungsrate	bit/s
		R_{S}	Symbolrate	Baud
		n	Bits pro Symbol	-

Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen	$k_{\mathrm{v}} = \frac{l_{\mathrm{G}}}{l_{\mathrm{E}}} = \frac{c}{c_0} \approx \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_{\mathrm{r}}}}$	l_{G}	Geometrische Länge	m
		l_{E}	Elektrische Länge	m
		k_{v}	Verkürzungsfaktor	-
		ε_{r}	Permittivitätszahl	-
		c	Lichtgeschwindigkeit im Material	m/s
		c_0	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum (3E8 m/s)	m/s

Wellen-widerstand *HF-Leitungen*	$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$	Z_0	Wellenwiderstand der Leitung	Ω
		L'	Induktivitätsbelag	$\mathrm{H/m}$
		C'	Kapazitätsbelag	$\mathrm{F/m}$

Koaxiale Leitungen	$Z_0 = \frac{60\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d_i}\right)$	Z_0	Wellenwiderstand der Leitung	Ω
		D	Innendurchmesser Aussenleiter	m
		d_i	Durchmesser des Innenleiters	m
Symmetrische Zweidraht-leitungen mit $a/d > 2{,}5$	$Z_0 = \frac{120\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot a}{d}\right)$	a	Mittenabstand der Leiter	m
		d	Durchmesser der Leiter	m
		ε_r	Relative Dielektrizitätszahl	-

Viertelwellen-transformator	$Z_0 = \sqrt{Z_E \cdot Z_A}$	Z_0	Wellenwiderstand der Leitung	Ω
		Z_A	Ausgangsschein-widerstand	Ω
		Z_E	Eingangsschein-widerstand	Ω

Stehwellen-verhältnis/ VSWR	$s = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{\hat{U}_v + \hat{U}_r}{\hat{U}_v - \hat{U}_r}$	s	Stehwellenverhältnis	-
	$s = \frac{1 + \lvert r \rvert}{1 - \lvert r \rvert}$	r	Reflexionsfaktor	-
	$r = \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0}$	Z_0	Wellenwiderstand der HF Leitung	Ω
		R_L	Abschlusswiderstand	Ω
	$s = \frac{R_L}{Z_0}$ falls $R_L > Z_0$	$\hat{U}_v$	Amplitude der hinlaufenden Welle	V
		$\hat{U}_r$	Amplitude der rücklaufenden Welle	V
	$s = \frac{Z_0}{R_L}$ falls $R_L < Z_0$	P_v	Hinlaufende Leistung	W
		P_r	Rücklaufende Leistung	W
	$\lvert r \rvert = \frac{s-1}{s+1} = \frac{\hat{U}_r}{\hat{U}_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$	P_L	Leistung an R_L	W
		U_{max}	Maximale Spannung auf der HF Leitung	V
	$P_r = P_v \cdot r^2$ falls $P_r \neq P_v$	U_{min}	Minimale Spannung auf der HF Leitung	V
	$P_L = P_v \cdot (1 - r^2)$	a_x	Dämpfung	dB
Dämpfung durch Fehlanpassung:	$a_x = -10 \cdot \lg(1 - r^2)$			

Höchste brauchbare Frequenz	$f_{\mathrm{MUF}} \approx \frac{f_c}{\sin(\alpha)}$ $f_{\mathrm{opt}} = 0{,}85 \cdot f_{\mathrm{MUF}}$	f_{MUF}	Höchste brauchbare Frequenz (Maximal usable frequency)	Hz
		f_c	Höchste ionosphären-reflektierte Frequenz bei senkrechtem Strahl	Hz
		f_{opt}	Optimale Frequenz	Hz
		α	Abstrahlwinkel der Antenne relativ zur Erdoberfläche	°

Empfindlichkeit von Mess-systemen	$E_M = \frac{R_i}{U_i} = \frac{1}{I_i}$	U_i	Spannung am System bei Vollausschlag	V
		I_i	Strom durch das System bei Vollausschlag	A
		R_i	Innenwiderstand des Systems	Ω
		E_M	Empfindlichkeit	Ω/V

Messbereichs-erweiterung	$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{(n-1) \cdot U_M}{I_M}$	R_V	Vorwiderstand	Ω
		U_M	Spannungsmessbereich	V
Spannungs-messer	$R_V = (n-1) \cdot R_M$ (Schaltung: Messgerät V, R_M, R_V, U_M, U)	I_M	Strom bei Vollausschlag	A
		U	Neuer Spannungs-messbereich	V
		R_S	Shuntwiderstand	Ω
Strommesser	$R_S = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n-1}$ (Schaltung: Messgerät A, I, I_M, R_M, R_S)	R_M	Messgerätewiderstand	Ω
		I	Neuer Strommessbereich	A

Relativer maximaler Fehler	$F_W = \pm \frac{G}{100} \cdot \frac{W_E}{W_M}$	F_W	relativer maximaler Fehler	%
		W_E	Endwert des Messbereichs	-
		W_M	abgelesener Wert	-
		G	Genauigkeitsklasse des Messinstruments	-

Tabelle 1:Spezifischer elektrischer Widerstand (ρ)

Material	Silber	Kupfer	Gold	Aluminium	Eisen
ρ *in* $\frac{\Omega mm^2}{m}$ *bei* 20°C	0,0159	0,0178	0,022	0,030	0,17

Tabelle 2: Relative Dielektrizitätszahl ε_r

Dielektrikum	Luft (trocken)	Voll-PE (Polyäthylen)	Schaum-PE	PTFE (Teflon)
ε_r	1,00059	2,29	1,5	2,0

Tabelle 3: (Physikalische) Konstanten

c_0	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	299792458	$m{\cdot}s^{-1}$
e	Eulersche Zahl	2,71828	
ε_0	Elektrische Feldkonstante $1/(\mu_0 c_0^2)$	8,85E-12	$A{\cdot}s{\cdot}V^{-1} \cdot m^{-1}$
k	Boltzmann-Konstante	1,38E-23	$J{\cdot}K^{-1} = W{\cdot}s{\cdot}K^{-1}$
μ_0	Magnetische Feldkonstante $4\pi/10^7$	1,26E-6	$H{\cdot}m^{-1}$
π	Kreiszahl	3,14159	
T_0	Absoluter Nullpunkt 0°K	-273,15	°C
Z_0	Wellenwiderstand im Vakuum $\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0} = 120\pi$	377	Ω

Wertkennzeichnung durch Buchstaben

f	Femto	10^{-15}
p	Pico	10^{-12}
n	Nano	10^{-9}

µ	Mikro	10^{-6}
m	Milli	10^{-3}
c	Zenti	10^{-2}

k	Kilo	10^{3}
M	Mega	10^{6}
G	Giga	10^{9}

T	Tera	10^{12}
P	Peta	10^{15}

Pegel		
Pegel	**Leistungs-verhältnis**	**Spannungs-verhältnis**
-30 dB	0,001	0,03
-20 dB	0,01	0,1
-10 dB	0,1	0,32
-6 dB	0,25	0,5
-3 dB	0,5	0,71
-1 dB	0,8	0,89
0 dB	1	1
1 dB	1,26	1,12
3 dB	2	1,41
6 dB	4	2
10 dB	10	3,16
20 dB	100	10
30 dB	1000	31,62

Kennfarben für Widerstände			
Kenn-farbe	**Wert**	**Multi-plikator**	**Toleranz**
Silber	-	10^{-2}	±10%
Gold	-	10^{-1}	±5%
schwarz	0	10^{-0}	-
braun	1	10^{1}	±1%
rot	2	10^{2}	±2%
orange	3	10^{3}	-
gelb	4	10^{4}	-
grün	5	10^{5}	±0,5
blau	6	10^{6}	±0,25%
violett	7	10^{7}	±0,1%
grau	8	10^{8}	-
weiss	9	10^{9}	-
keine	-	-	±20%

Kabeldämpfungsdiagramm

PTFEE 1,8mm RG178
Voll-PE 2,8mm RG174
Voll-PE 4,95mm RG58
Voll-PE 10,3mm RG213
PE-Schaum 7,3mm
PE-Schaum 10,3mm
PE-Schaum 12,7mm
PE-Schaum Massivschirm 16,4mm

Grunddämpfung a_0 je 100m Leitungslänge in dB
0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 1.5 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100 200 300

1 3.5 5 7 10 14 20 29 50 100 145 200 300 435 1296 2350 4000 5700
Frequenz in MHz

Dämpfung gebräuchlicher Koaxialleitungen in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz für eine Länge von 100m

Gefundene Fehler bitte an kf-fk@bakom.admin.ch melden – Danke!

(Am besten mit einer Word-Datei mit aktivierter «Änderungen nachverfolgen» oder kommentierter pdf-Datei.)